

## Excitation control method for valve on piston engine

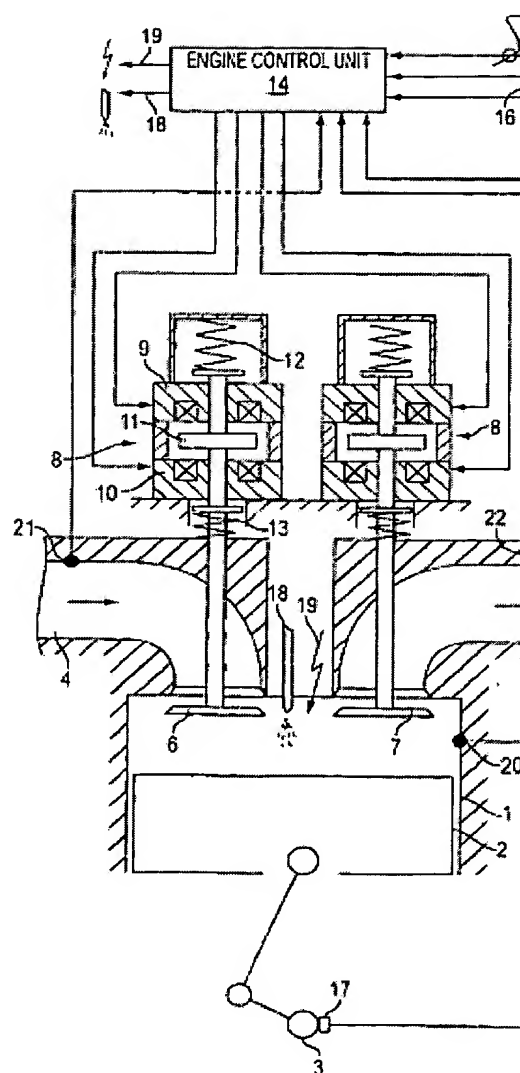
**Patent number:** DE19733137  
**Publication date:** 1999-02-04  
**Inventor:** KEMPER HANS (DE)  
**Applicant:** FEV MOTORENTECH GMBH & CO KG (DE)  
**Classification:**  
- **international:** F02D13/02; F01L31/02; F01L25/08; F01L9/04  
- **europaean:** F02D13/02; F01L9/04  
**Application number:** DE19971033137 19970731  
**Priority number(s):** DE19971033137 19970731

Also published

US607  
JP111.

### Abstract of DE19733137

The excitation control method is for an electromagnetic actuator (8) for operating a gas exchange valve (6,7) on a piston engine. There are opening and closing magnets (10,9) with opposed pole faces. Between the magnets is an armature (11) guided back and forth against the force of restoring springs (12,13). An engine control unit (14), in accordance with the working stroke and changing load requirements of the engine, switches on and off the current as an attracting and holding current through the magnets. The cylinder pressure is determined at least for establishing when the valve opens and passed as a measurement signal to the engine control unit. The actual instant of the switching-off of the holding current and the switching-on of the attracting current is corrected based on the cylinder pressure.





①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ Off nl ungungsschrift  
⑩ DE 197 33 137 A 1

⑳ Aktenzeichen: 197 33 137.8  
㉑ Anmeldetag: 31. 7. 97  
㉒ Offenlegungstag: 4. 2. 99

㉓ Int. Cl.<sup>6</sup>:  
F 02 D 13/02  
F 01 L 31/02  
F 01 L 25/08  
F 01 L 9/04

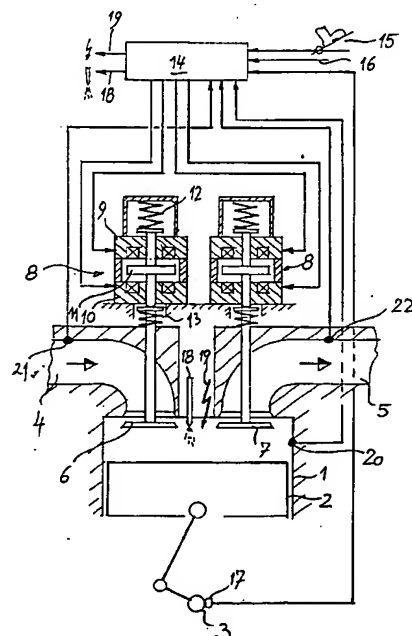
DE 197 33 137 A 1

㉔ Anmelder:  
FEV Motorenteknik GmbH & Co. KG, 52078  
Aachen, DE  
  
㉕ Vertreter:  
Patentanwälte Maxton & Langmaack, 50968 Köln

㉖ Erfinder:  
Kemper, Hans, 52072 Aachen, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

- ㉗ Verfahren zur Steuerung von elektromagnetischen Aktuatoren zur Betätigung von Gaswechselventilen an Kolbenbrennkraftmaschinen
- ㉘ Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung der Bestromung eines elektromagnetischen Aktuators (8) zur Betätigung eines Gaswechselventils (6, 7) an einer Kolbenbrennkraftmaschine, das dadurch gekennzeichnet ist, daß der Zylinderinnendruck zumindest für die Festlegung des Zeitpunkts "Ventil öffnet" erfaßt und als Meßsignal der Motorsteuerung (14) zugeführt wird und daß jeweils der tatsächliche Zeitpunkt der Abschaltung des Haltestroms am haltenden Elektromagneten (9, 10) einerseits und das Einschalten des Fangstroms am fangenden Elektromagneten (9, 10) andererseits in Abhängigkeit vom erfaßten Zylinderinnendruck korrigiert wird.



DE 197 33 137 A 1

## DE 197 33 137 A 1

1

## Beschreibung

Die Verwendung von elektromagnetischen Aktuatoren zur Betätigung der Gaswechselventile an einer Kolbenbrennkraftmaschine bietet im Gegensatz zur mechanischen Ventilsteu-  
 5 Motorsteuerung die Möglichkeit einer vollvariablen Ventilsteuerung. Damit ist es erstmals möglich, bei der Ansteuerung der Ventile sehr differenziert die durch die unterschiedlichen Lastfälle vorzugebenden und auch vorgegebenen Bedingungen zu berücksichtigen.

Ein elektromagnetischer Aktuator zur Betätigung eines Gaswechselventils besteht im wesentlichen aus zwei mit Abstand zueinander angeordneten Elektromagneten, zwischen denen ein auf das Gaswechselventil einwirkender Anker gegen die Kraft von Rückstellfedern hin- und herbewegbar geführt ist. Die beiden Elektromagneten werden entsprechend der Ansteuerung durch die Motorsteuerung in der Weise abwechselnd bestromt, daß nach dem Abschalten der Bestromung am jeweils haltenden Elektromagneten der Anker unter dem Einfluß der Kraftwirkung der jeweiligen Rückstellfeder in Richtung auf den anderen, fangenden Elektromagneten zubewegt wird. Zur Überwindung der Kraft der Rückstellfeder am fangenden Elektromagneten wird dieser entsprechend frühzeitig bestromt, so daß die sich aufbauende Magnetkraft den Anker gegen die Kraft seiner Rückstellfeder anzieht und an seiner Polfläche zur Anlage bringt. Ein derartiger Aktuator stellt einen aus den Rückstellfedern einerseits und dem Anker und dem Gaswechselventil andererseits gebildeten Feder-Masse-Schwinger dar. Die Energie zur Einleitung der Bewegung der aus Anker und Gaswechselventil bestehenden Masse aus der Anlageposition heraus ist in Form der in der zusammengedrückten Rückstellfeder vorhandenen potentiellen Federenergie gegeben, die durch Abschalten des Stroms am haltenden Elektromagneten freigegeben wird. Das Ventil schwingt nun annähernd bis in die entgegengesetzte Endlage. Die Verluste, die auf diesem Weg entstehen, werden durch Bestromung des fangenden Magneten und der dadurch bewirkten Einkopplung einer elektromagnetischen Fangenergie bei der Annäherung an die Endlage des fangenden Elektromagneten kompensiert.

Beim Betrieb einer Kolbenbrennkraftmaschine entstehen Verluste an Bewegungsenergie an den einzelnen Feder-Masse-Schwinger-Systemen durch thermodynamische Randbedingungen. So müssen beispielsweise die Ventile, insbesondere die Gasauslaßventile gegen den Zylinderinnendruck geöffnet werden. Dies führt zu einem erhöhten Bedarf an Fangenergie. Die systembedingten stochastischen Schwankungen des Verbrennungsrauminnendrucks führen selbst bei einer exakten Steuerung des Zeitpunktes der Abschaltung der Bestromung am haltenden Magneten eines Gasauslaßventils zu wechselnden tatsächlichen "Öffnet-Zeitpunkten" für das betreffende Gasauslaßventil. Andererseits ergibt sich durch die unterschiedlichen Verluste bei der Ventilbewegung während des Öffnungsvorganges ein unterschiedliches Aufsetzverhalten am fangenden Magneten, wenn über diesen eine konstante Fangenergie eingekoppelt wird.

Das betriebsbedingte unterschiedliche Aufsetzverhalten des Ankers am fangenden Magneten führt dann zu funktionellen und akustischen Problemen. Das stochastische Verhalten erschwert es besonders, die akustischen Probleme über eine optimierte minimale Fangenergie bei einem optimalen Verlauf der Energieeinkopplung in die Magnetsysteme zu lösen.

Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Steuerung der Bestromung der elektromagnetischen

2

Aktuatoren zur Betätigung von Gaswechselventilen an Kolbenbrennkraftmaschinen zu schaffen, durch das die vorstehenden Probleme zumindest gemindert werden.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch ein  
 5 Verfahren zur Steuerung der Bestromung eines elektromagnetischen Aktuators zur Betätigung eines Gaswechselventils an einer Kolbenbrennkraftmaschine, der einen Öffnermagneten und ein Schließmagnet aufweist, deren Polflächen gegeneinander gerichtet sind und zwischen denen ein mit dem Gaswechselventil verbundener Anker gegen die Kraft von Rückstellfedern hin- und herbewegbar geführt ist, bei dem über eine Motorsteuerung in Abhängigkeit vom Arbeitstakt und von den sich ändernden Lastanforderungen an die Kolbenbrennkraftmaschine abwechselnd an dem einen  
 15 Magneten der Strom als Fang- und Haltestrom eingeschaltet und am anderen Magneten der Strom als Haltestrom abgeschaltet wird, das dadurch gekennzeichnet ist, daß der Zylinderinnendruck zumindest für die Festlegung des Zeitpunkts "Ventil öffnet" erfaßt und als Meßsignal der Motorsteuerung zugeführt wird und daß jeweils der tatsächliche Zeitpunkt der Abschaltung des Haltestroms einerseits und das Einschalten des Fangstroms andererseits in Abhängigkeit vom erfaßten Zylinderinnendruck korrigiert wird.

Die erfindungsgemäße Verfahrensweise bietet den Vorteil, daß die stochastischen Schwankungen des Verbrennungsinnendrucks beim Betrieb der Kolbenbrennkraftmaschine, die sich unmittelbar auch auf den Bewegungsablauf an den Gaswechselventilen an den jeweils befeuerten Zylindern auswirken, als Meß- und Korrektursignal erfaßt werden. Die hierdurch frühzeitige Erfassung dieses stochastischen Verhaltens wird nun dazu genutzt, das Bewegungsverhalten des Gaswechselventils positiv zu beeinflussen. Durch die Erfassung des zum "Öffnet"-Zeitpunkt vorhandenen Zylinderinnendrucks und ggf. auch aus dem zeitlichen Verlauf  
 35 des erfaßten Zylinderinnendrucks ergeben sich Rückschlüsse auf die zu erwartenden Bewegungsenergieverluste, so daß über die Motorsteuerung sowohl hinsichtlich der Höhe des Haltestroms als auch hinsichtlich des Zeitpunktes der Abschaltung des Haltestroms eine entsprechende Korrektur vorgenommen werden kann. Für die Ermittlung der Korrekturwerte werden in der Motorsteuerung die für die jeweiligen Lastanforderungen vorgegebenen Werte in Form von Kennfeldern oder dergl. abgelegt, beispielsweise als eine Schar von Druckeinzelwerten oder Druckverläufen. Damit ist nicht nur ein Soll-Ist-Vergleich möglich, sondern es kann beispielsweise aus Abweichungen im Druckverlauf vor dem von der Motorsteuerung vorgesehenen Öffnungszeitpunkt der tatsächliche Druckverlauf "vorausberechnet" werden und somit frühzeitig die Korrektur eingeleitet werden.  
 50 Zugleich kann aber auch insbesondere bei den Gasauslaßventilen die bei wechselnden Zylinderinnendrücken entsprechend zu erwartenden wechselnden Verluste an Bewegungsenergie des sich lösenden Ankers sowohl hinsichtlich des Zeitpunktes als auch hinsichtlich der Höhe des am fangenden Elektromagneten einzuschaltenden Stroms eine entsprechende Korrekturmaßnahme vorgenommen werden. Je nach Größe des erfaßten Zylinderinnendrucks kann der Abschaltzeitpunkt gegenüber den über die Motorsteuerung aufgrund der übrigen Anforderungen, die sowohl über die Lastanforderung des Fahrers als auch über systembedingte andere Anforderungen vorgegeben ist, zusätzlich noch in Richtung auf einen früheren oder einen späteren Zeitpunkt verändert werden. Dementsprechend wird auch am fangenden Magneten der Zeitpunkt der Einschaltung der Bestromung gegenüber der von der Motorsteuerung vorgegebenen Bestromung zeitlich vor- oder zurückverlegt. Zusätzlich kann noch durch eine entsprechende Erhöhung oder auch Reduzierung der Stromhöhe am fangenden Magneten auf

## DE 197 33 137 A 1

3

zylinderdruckabhängige Verluste der Bewegungsenergie von Anker und Gasventil reagiert werden, so daß bei hieraus abgeleiteten höheren Verlusten eine höhere Fangenergie und bei hieraus erfaßten geringeren Verlusten eine entsprechend geringere Fangenergie in das System eingekoppelt wird. Dies hat zur Folge, daß bei einer entsprechenden Korrektur die von der Motorsteuerung aufgrund der mechanischen Daten des Systems vorgegebenen Steuerung der Stromhöhe in bezug auf ein "sanftes" Auftreffen des Ankers auf die Polfläche entsprechend dieser Zielsetzung unterstützt wird.

Damit ist die Möglichkeit gegeben, sowohl den thermodynamischen "Öffnet"-Zeitpunkt der Gaswechselventile zu regeln als auch die Einkopplung der Fangenergie sowohl hinsichtlich ihres Zeitpunkts als auch hinsichtlich ihrer Höhe den Bedürfnissen nach einem sicheren und akustisch unkritischen Lauf anzupassen.

In Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, daß der Zylinderinnendruck in seinem Verlauf erfaßt und bei Abweichungen von einem von der Motorsteuerung vorgegebenen Wert ein Korrektursignal für die Steuerung der Bestromung der Magneten erzeugt wird. Der "Wert" kann in Form eines Kennfeldes mit einer Vielzahl von Einzelwerten vorgegeben sein, die den unterschiedlichen Lastanforderungen zugeordnet sind oder auch in Form entsprechender Kurvenscharen oder Rechnerwerten. Durch diese Ausgestaltung ist es möglich, die Ansteuerung der Gaswechselventile noch besser anzupassen und Totzeiteffekte der Steuerung noch besser auszugleichen.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß der Druck im Ansaugtrakt und/oder im Auslaßtrakt der Kolbenbrennkraftmaschine erfaßt und als Meßsignal der Motorsteuerung zugeführt und zur Bildung eines Korrektursignals verwertet oder bei der Bildung des vom Zylinderinnendruck abhängigen Korrektursignals berücksichtigt wird. Da der Druck im Ansaugtrakt und/oder im Auslaßtrakt primär nicht stochastisch ist sondern einen reproduzierbaren dynamischen Einfluß auf das Bewegungsverhalten der Gaswechselventile ausübt, kann dieser Druck ebenfalls bei der Ansteuerung der Gaswechselventile zur Erzielung eines besseren Ventil-Bewegungsverhaltens dienen, beispielsweise bei der Regelung der Halteenergie der Gaswechselventile in ihrer Schließstellung.

Entsprechend kann die Erfassung des Drucks im Ansaug- und/oder im Auslaßtrakt auch der Bildung des vom Zylinderdruck abhängigen Korrektursignals berücksichtigt werden. Dies kann beispielsweise in einer Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens bewirkt werden durch Differenzbildung der Druckerfassungssignale des Ansaugtrakts und/oder Auslaßtrakts zum Zylinderinnendrucksignal.

Die Erfindung wird anhand eines Blockschaltbildes für einen Zylinder einer Kolbenbrennkraftmaschine näher erläutert.

Ein Zylinder 1 einer Kolbenbrennkraftmaschine, in dem ein Kolben 2 auf- und abgeführt und auf eine Kurbelwelle 3 einwirkt, ist mit einem Gaseinlaßkanal 4 und einem Gasauslaßkanal 5 versehen. Beide gasführenden Kanäle sind über Gaswechselventile 6, 7 entsprechend den Anforderungen des Arbeitstaktes ansteuerbar, wobei das Gaswechselventil 6 das Gaseinlaßventil bildet und das Gaswechselventil 7 das Gasauslaßventil bildet.

Die beiden Gaswechselventile sind über jeweils einen elektromagnetischen Aktuator 8 ansteuerbar, der zwei mit abstand zueinander angeordnete Elektromagneten aufweist, wobei der obenliegende Elektromagnet den Schließmagnet 9 und der untenliegende Magnet den Öffnermagnet 10 bildet.

Zwischen den beiden Elektromagneten 9, 10 ist ein Anker 11 hin- und herbewegbar geführt, der auf das ihm zugeord-

4

nete Gaswechselventil 6 bzw. 7 einwirkt. Der Anker wird durch Rückstellfedern 12 und 13 bei nicht bestromten Elektromagneten in der hier dargestellten Mittellage gehalten. Werden die Elektromagneten entsprechend der Ansteuerung abwechselnd bestromt, so wird der Anker 11 jeweils gegen die Rückstellkraft der zugeordneten Rückstellfeder bewegt, beispielsweise bei einer Bewegung in Richtung auf den Schließmagneten 9 gegen die Kraft der Rückstellfeder 12 und entsprechend bei einer Bewegung in Richtung auf den Öffnermagneten 10 gegen die Kraft der Rückstellfeder 13.

Der elektromagnetische Aktuator für das Gasauslaßventil ist in gleicher Weise aufgebaut, so daß hinsichtlich Aufbau und Wirkungsweise auf die vorstehende Beschreibung verwiesen werden kann.

Die beiden elektromagnetischen Aktuatoren 8 werden über eine Motorsteuerung 14 angesteuert, der über ein Gaspedal 15 die jeweilige, vom Fahrer gewünschte Lastvorgabe als entsprechen des Stellsignal zugeführt wird.

Der Motorsteuerung 14 werden in üblicher Weise eine Vielzahl von weiteren Meß- und Vergleichssignalen zugeführt, die für einen zuverlässigen Motorbetrieb erforderlich sind, so beispielsweise Temperaturmeßwerte des Motors etc., die durch das Signalsymbol 16 gekennzeichnet sind. Art und Zahl der in der Motorsteuerung 14 zu berücksichtigenden Meßsignale richten sich je nach den Anforderungen und sind im Rahmen dieser Anmeldung nicht erschöpfend aufgezählt.

Ein wesentliches Meßsignal ist die Erfassung sowohl der Drehzahl als auch der Kurbelwellenstellung über einen entsprechenden Sensor 17, da in Abhängigkeit von der Drehzahl und der Kurbelwellenstellung die Gaswechselventile 6 und 7 entsprechend dem Arbeitstakt ebenso wie die Kraftstoffeinspritzung 18 und die Zündung 19 angesteuert werden. Die Kraftstoffeinspritzung ist hier schematisch als Direkteinspritzung dargestellt.

Mit der Motorsteuerung 14 stehen dann die Schließmagneten 9 und die Öffnermagneten 10 der einzelnen elektromagnetischen Aktuatoren für die jeweiligen Gaswechselventile in Verbindung, so daß die Elektromagneten entsprechend der Ansteuerung über die Motorsteuerung 14 entsprechend den Anforderungen des Arbeitstaktes und der Lastvorgabe sowie unter Berücksichtigung weiterer in der Motorsteuerung verwerteter Signale über eine entsprechend angesteuerte, hier nicht näher dargestellte Stromversorgung bestromt werden.

Entsprechend dem hier durchzuführenden Verfahren ist die Motorsteuerung 14 über einen Drucksensor 20 mit dem Zylinderinnenraum sowie einem Drucksensor 21 mit dem Gaseinlaßkanal 4 und über einen Drucksensor 22 mit dem Gasauslaßkanal 5 verbunden, so daß bei der Ansteuerung der Gaswechselventile der über den Drucksensor 20 erfaßte Zylinderinnendruck und/oder der über den Drucksensor 21 im Gaseinlaßkanal 4 erfaßte Druck und/oder der über den Drucksensor 22 im Gasauslaßkanal 5 erfaßte Druck bei der Ansteuerung der elektromagnetischen Aktuatoren 8 der Gaswechselventile berücksichtigt werden kann.

Der über den Drucksensor 20 erfaßte Zylinderinnendruck kann nun im Rahmen eines kleinen Zeitfensters oder aber auch als Druckverlauf erfaßt werden, wobei hier dann ein Vergleich mit einem in der Motorsteuerung 14 abgelegten "Normalverlauf" für die verschiedenen Lastfälle vorgenommen werden muß, aus dem dann ein entsprechendes Korrektursignal zur Ansteuerung des jeweiligen Gaswechselventils erzeugt wird.

Sind beispielsweise für den Ansaugtakt beide Gaswechselventile geschlossen, so öffnet das Gaseinlaßventil 6 bei sich abwärtsbewegenden Kolben 2. Der Öffnungszeitpunkt kann hier über die Motorsteuerung 14 variabel eingestellt

## DE 197 33 137 A 1

5

werden, wobei der Öffnungszeitpunkt beispielsweise zur Erhöhung des Füllungsgrades so eingestellt werden kann, daß das Gaswechselventil erst zu einem Zeitpunkt öffnet, wenn der Kolben 2 bereits eine größere Abwärtsbewegung vollzogen hat und im Zylinderinnenraum ein entsprechender Unterdruck entstanden ist. Öffnet nun das Gaseinlaßventil 6, so wird die Bewegung des Gaseinlaßventils in Richtung auf den Öffnermagneten 10 infolge der Druckdifferenz zwischen dem (Über-)Druck im Gaseinlaßkanal 4 und dem (Unter-)Druck im Zylinderinnenraum unterstützt, so daß zusätzlich zu der Kraft der Rückstellfeder 12 die im wesentlichen aus Anker 11 und Gaseinlaßventil 6 bestehende Masse in Richtung auf den Öffnermagneten 10 beschleunigt wird.

Bei einer nur über den Sensor 17 erfolgenden Ansteuerung in der Bestromung des dann fangenden Öffnermagneten 10 würde diese zusätzliche Kraftwirkung auf das sich öffnende Gaswechselsystem nicht berücksichtigt, so daß die Zuschaltung des Fangstroms am Öffnermagneten 10 praktisch "zu spät" erfolgt und dementsprechend der Anker 11 vom Öffnermagneten 10 nicht mehr zuverlässig gefangen werden kann. Werden nun die Druckverhältnisse im Zylinderinnenraum und im Gaseinlaßkanal sowohl bezüglich der Ansteuerung des Öffnungszeitpunktes, d. h. der Abschaltung des Haltestroms am Schließmagneten 9 als auch bezüglich des Einschaltzeitpunktes des Fangstroms am Öffnermagneten 10 berücksichtigt, dann kann zum einen der Fangstrom am Öffnermagneten 10 früher eingeschaltet werden und unter Berücksichtigung der zusätzlichen Beschleunigung durch die Gaskräfte auch in geringer Höhe zugeführt werden, ohne ein sicheres Fangen des Ankers 11 an der Polfläche des Öffnermagneten 10 zu gefährden.

Entsprechendes gilt dann auch für das Schließen des Gaswechselventils, da hierbei der sich im Zylinderinnenraum aufbauende Überdruck einerseits und der im Gaseinlaßkanal 4 aufgrund der gasdynamischen Vorgänge entstehende Unterdruck andererseits den Schließvorgang des Gaseinlaßventils insbesondere unmittelbar vor dem Auftreffen des Gaswechselventils auf seinem Ventilsitz unterstützen. Auch hier kann dann über ein von den Drücken abgeleitetes Korrektursignal sowohl der Zeitpunkt als auch die Höhe des Fangstroms am Schließmagneten 9 entsprechend eingegriffen werden.

Vergleichbare Verhältnisse ergeben sich auch für das Gasauslaßventil 7, wobei hier entsprechend der Umkehrung der Druckverhältnisse das Gasauslaßventil 7 während der Ausstoßphase gegen den sich abbauenden Druck im Zylinderinnenraum geöffnet werden muß. Dementsprechend kann über die Erfassung der Druckverhältnisse im Zylinderinnenraum und im Gasauslaßkanal 5 entsprechend korrigierend auf die Ansteuerung des elektromagnetischen Aktuators 8 für das Gasauslaßventil Einfluß genommen werden.

Aus der vorstehenden ausführlichen Erläuterung für den Bewegungsablauf des Gaseinlaßventils 6 ist ersichtlich, daß über die Druckverhältnisse im Zylinderinnenraum und ggf. ergänzend über die Druckverhältnisse im Gaseinlaßkanal 4 zeitlich vorlaufend vor dem Einschaltzeitpunkt für den fangenden Öffnermagneten 10 das Ansteuerungssignal in der Motorsteuerung 14 entsprechend korrigiert werden kann, so daß hier auch nicht vermeidbare Totzeiten mit dem erfindungsgemäßen Verfahren kompensierbar sind.

Aus der vorstehenden Beschreibung der Druckverhältnisse ist ferner ersichtlich, daß auch bei geschlossenen Gaswechselventilen je nach der Stellung des Kolbens und je nach Arbeitstakt unterschiedliche Drücke auf den Gaswechselventilen lasten. Bei einem Überwiegen des Zylinderinnendruckes in der Kompressions- und Arbeitsphase werden somit die Gaswechselventile über hohe Kräfte auf ihren Ventilsitz gepreßt, so daß theoretisch der Haltestrom an den

6

jeweiligen Schließmagneten auf 0 gesetzt werden könnte.

Bei den üblichen Motorsteuerungen ist die Bestromung des jeweils haltenden Elektromagneten gegenüber der Höhe der Bestromung eines jeweils fangenden Elektromagneten auf einem niedrigeren Niveau ausgelegt, um hier elektrische Energie zu sparen. Zusätzlich wird der Haltestrom noch "getaktet", d. h. der Haltestrom wird kurzfristig abgeschaltet, bis er auf ein vorgegebenes unteres Niveau abgesunken ist und dann zugeschaltet, bis er ein vorgegebenes oberes Niveau erreicht hat, und wieder abgeschaltet, so daß auf diese Weise zusätzlich elektrische Energie gespart wird. Unter Berücksichtigung der auf die Gaswechselventile wirkenden Druckkräfte kann nun mit Hilfe der Motorsteuerung hier noch die Niveaumarge für die Taktung entsprechend korrigiert werden. Bei einem Überdruck im Zylinder kann das Niveau der Taktung abgesenkt und bei einem Unterdruck im Zylinder kann das Niveau für die Taktung angehoben werden.

Bei der Erläuterung des Verfahrens sind in der schematischen Zeichnung die Drucksensoren 21 und 22 jeweils im diskreten Gaseinlaßkanal bzw. Gasauslaßkanal eines Zylinders angeordnet. Es ist aber auch grundsätzlich zur Reduzierung des Meßaufwandes möglich, die Drucksensoren 21 und 22 im Gaseinlaßtrakt bzw. im Gasauslaßtrakt des Motors anzuordnen, in dem jeweils die Gaseinlaßkanäle bzw. Gasauslaßkanäle aller Zylinder zusammengefaßt sind. Will man die Druckverhältnisse unmittelbar im Einlaß- bzw. Auslaßbereich eines Zylinders berücksichtigen, so wird man bei Motoren, die jeweils zwei oder mehr Gaseinlaßventile und ggf. zwei oder mehr Gasauslaßventile aufweisen, die jeweiligen Drucksensoren in einem Bereich vor der Verzweigung des Gaseinlasses bzw. Gasauslasses zu den einzelnen Ventilen anordnen.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung der Bestromung eines elektromagnetischen Aktuators (8) zur Betätigung eines Gaswechselventils (6, 7) an einer Kolbenbrennkraftmaschine, der einen Öffnermagneten (10) und einen Schließmagneten (9) aufweist, deren Polflächen gegeneinander gerichtet sind und zwischen denen ein mit dem Gaswechselventil (6, 7) verbundener Anker (11) gegen die Kraft von Rückstellfedern (12, 13) hin- und herbewegbar geführt ist, bei dem über eine Motorsteuerung (14) in Abhängigkeit vom Arbeitstakt und von den sich ändernden Lastanforderungen der Kolbenbrennkraftmaschine abwechselnd an dem einen Magneten der Strom als Fang- und Haltestrom eingeschaltet und am anderen Magneten der Strom als Haltestrom abgeschaltet wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Zylinderinnendruck zumindest für die Festlegung des Zeitpunktes "Ventil öffnet" erfaßt und als Meßsignal der Motorsteuerung (14) zugeführt wird und daß jeweils der tatsächliche Zeitpunkt der Abschaltung des Haltestroms einerseits und das Einschalten des Fangstroms andererseits in Abhängigkeit vom erfaßten Zylinderinnendruck korrigiert wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Zylinderinnendruck in seinem Verlauf erfaßt und bei Anweichungen von einem der Motorsteuerung (14) vorgegebenen Wert ein Korrektursignal für die Steuerung der Bestromung der Magneten (9, 10) erzeugt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Druck im Ansaugtrakt (4) und/oder im Auslaßtrakt (5) der Kolbenbrennkraftmaschine erfaßt und als Meßsignal der Motorsteuerung (14) zuge-

## DE 197 33 137 A 1

7

8

führt und bei der Bildung vom zylinderdruckabhängigen Korrektursignal berücksichtigt wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Druck im Ansaugtrakt (5) und/oder im Auslaßtrakt (5) durch Differenzbildung zum Zylinderinnendruck berücksichtigt wird. 5

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Druck im Ansaugtrakt (4) und/oder im Auslaßtrakt (5) bei der Regelung des Haltestroms am Schließmagneten (9) berücksichtigt 10 wird.

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

ZEICHNUNGEN SEITE 1

Nummer:

Int. Cl.:

Offenlegungstag:

DE 197 33 137 A1

F 02 D 13/02

4. Februar 1999

